

**TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG  
TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN  
SUMBU HORIZONTAL NACA 4415**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun oleh :**

**ANDI SUSANTO  
D 200 110 132**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2015**

## PERNYATAAN KEASLIAN TOPIK TUGAS AKHIR

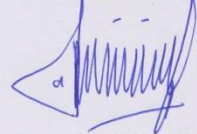
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa usulan judul Tugas Akhir

**“Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Serang Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4415”**

Yang saya ajukan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 1 April 2015

Yang Menyatakan,



(Andi Susanto)

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Serang Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4415", telah disetujui Pembimbing dan diterima sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh:

Nama : ANDI SUSANTO

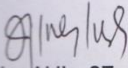
NIM : D 200 110 132

Disetujui Pada

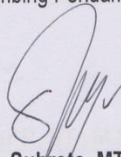
Hari : Kamis

Tanggal : 31-Desember-2015

Pembimbing Utama

  
Nur Aklis, ST., M.Eng

Pembimbing Pendamping

  
Ir. Subroto, MT

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul : “ **Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Serang Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4415** ” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **ANDI SUSANTO**

Nim : **D 200 110 132**

Disahkan pada :

Hari : kamis

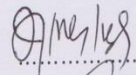


Tanggal : 31-Desember-2015

### Tim Penguji :

Ketua : Nur Aklis, ST., M.Eng

Anggota 1 : Ir. Subroto, MT

Anggota 2 : Ir. Pramuko IP, MT

  
.....  
  
.....  
  
.....

Dekan

Ketua Jurusan



R. Sri Sunarjono, MT., Ph.D



Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D



## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Nomor 115/A.3-II/TM/TA/IV/2015. Tanggal 14 April 2015

dengan ini :

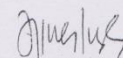
Nama : Nur Aklis, ST, M.Eng.  
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli  
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua \*)  
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Andi Susanto  
Nomor Induk : D 200 110 132  
NIRM : -  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : STUDY EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP PERFORMA  
TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL NACA 4415  
Rincian Soal/Tugas :  
- DESAIN  
- PEMBUATAN  
- PENGUJIAN

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 14 April 2015

Pembimbing

  
Nur Aklis, ST, M.Eng.

Cc : Subroto, Ir. MT.  
Lektor kepala

Keterangan :  
\*) Cover salah satu  
1. Warna biru untuk Kajar  
2. Warna kuning untuk Pembimbing I  
3. Warna merah untuk Pembimbing II

## **MOTTO**

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat  
(Q.s al-Mujadalah : 11)

Allah memberikan hikmat kebijaksanaan kepada sesiapa yang dikehendaknya dan sesiapa yang diberikan hikmat itu maka sesungguhnya dia telah diberikan kebaikan yang banyak, dan tiadalah yang dapat mengambil pengajaran ( dan peringatan ) melainkan orang-orang yang menggunakan akal fikirnya  
( Q.s Albaqarah. Ayat 269 )

Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang  
(HR.Turmudzi)

Ajining diri dumunung ana ing lathi, ajining raga ana ing busana  
Sopo Sing Temen Bakal Tinemu  
(Sastra Jawa)

Didalam perjuangan menuju keberhasilan diperlukan DUIT ( Doa Usaha Ikhtiar Tawakal )

## ABSTRAKSI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut serang terhadap performa yang dihasilkan turbin angin sumbu horizontal dengan desain sudu airfoil tipe naca 4415 variasi sudut serang yang digunakan yaitu sudut serang  $0^\circ$ ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$ . Sudut serang atau *Angle of attack* adalah sudut yang dibentuk oleh tali busur sebuah airfoil dengan sudut aliran yang melewatinya.

Pengujian ini dimulai dengan memasang sudu turbin angin pada berbagai variasi sudut serang yang telah ditentukan, sudu turbin angin berjumlah 3 bilah sudu dengan diameter 3 meter menggunakan airfoil tipe naca 4415, selanjutnya dilakukan pengambilan data menggunakan alat ukur data looger, anemometer dan tachometer. Pada pengujian kondisi tanpa pembebanan data yang diambil yaitu kecepatan angin dan putaran rotor turbin angin, sedangkan pada pengujian kondisi terbebani oleh bolam lampu data yang diambil yaitu kecepatan angin rata-rata, voltase, ampere dan energi dari generator.

Hasil dari pengujian turbin angin terbebani bolam lampu menunjukkan bahwa variasi sudut serang berpengaruh terhadap akumulasi energy yang dihasilkan turbin angin, hal ini ditunjukkan pada kecepatan angin yang sama yaitu 8.933 m/s akumulasi energy yang dihasilkan pada sudut serang  $3^\circ$  sebesar 2.35 watt.jam dan akumulasi energy pada variasi sudut serang  $5^\circ$  sebesar 2.34 watt.jam, sedangkan pengaruh variasi sudut serang terhadap koefisien power turbin angin ditunjukkan pada variasi sudut serang  $0^\circ$  koefisien power yang dihasilkan yaitu sebesar 0.01269, koefisien power pada sudut serang  $3^\circ$  yaitu sebesar 0.016517, dan koefisien power pada variasi sudut serang  $5^\circ$  yaitu sebesar 0.010395.

**Kata Kunci : Turbin angin, Sudut serang, Airfoil dan NACA**

## ABSTRACTION

The aim of this study was to determine effect the angle of attack on the resulting performance of horizontal axis wind turbines with airfoil blade design a variation of type naca 4415 used the angle of attack is the angle of attack  $0^\circ$  ,  $3^\circ$  and  $5^\circ$ . Angle of attack is the angle formed by the bowstring an airfoil with angle of flow through it,

Testing was started by installing wind turbine blades at various angles of attack that has been determined, wind turbine blades totaling 3 blades with a diameter of 3 meters using airfoil type naca 4415. Data capture is then performed using the data measuring instrument looger, anemometer and tachometer. In the test condition without loading the data taken is the wind speed and wind turbine rotor rotation, whereas the testing conditions burdened by the light bulb captured data is the average wind speed , voltage, amperage and energy from the generator.

Results of testing wind turbine burdened light bulb indicates that the variation of the angle of attack affect the accumulation of energy produced by wind turbines, this is indicated in the same wind speed is 8,933 m / s accumulation of energy produced at the angle of attack at 2:35 watt.jam  $3^\circ$  and the accumulated energy on the variation of the angle of attack at 2:34  $5^\circ$  watt.jam, while the influence of variation of the angle of attack of the wind turbine power coefficient ditunjukkan the coefficient of variation of the angle of attack  $0^\circ$  power generated is equal to 0.01269, the angle of attack power coefficient that is equal to 0.016517  $3^\circ$ , and the coefficient of variation of the angle of attack power on  $5^\circ$  that is equal to 0.010395

**Keywords : Wind turbines, Angle of attack and NACA Airfoil.**



## KATA PENGATAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, Hidayah dan inayahnya kepada kita semua, tak lupa sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman jahiliyyah ke jaman terang benderang seperti saat ini. Alhamdulillah rabbil 'alamin penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul “ Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Serang Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horisontal NACA 4415 ”, tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi dalam penulisan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya pada berbagai pihak yang telah banyak membantu serta memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis tetap istiqomah hingga laporan ini dapat terselesaikan, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua tersayang, Bapak Sumijan dan Ibu Disah yang senantiasa mendoakan yang terbaik untuk kami putra-putrinya, sehingga kami bisa sampai saat ini.
2. Kakak-kakak tercinta, Susanti, Kristiawan dan Nur laeni yang senantiasa mengajarkan arti sebuah kesabaran dan perjuangan hidup sehingga penulis mampu istiqomah sampai saat ini.
3. kembaran saya tercinta, Anton Siswanto yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat dalam sebuah perjuangan menuju kesuksesan.
4. Bapak Nur Aklis, ST., M.Eng dan bapak Ir.Subroto, MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat bagi terselesainya tugas akhir ini.

5. Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc.,Ph.d selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang senantiasa meluangkan waktu untuk diajak berdiskusi.
7. Mas Topo dan Mas Eko selaku Staff Jurusan Teknik Mesin yang selalu membantu mengurus masalah administrasi.
8. Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM) yang telah memberikan banyak pengalaman sehingga penulis bisa menjadi seperti ini.
9. Teman-teman Teknik Mesin angkatan tahun 2011 yang telah 4 tahun berjuang bersama baik suka maupun duka.
10. Teman 1 kelompok tugas akhir, Toriq dan Maret enggar yang sama-sama berjuang menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Seluruh teman-teman yang telah membantu saya selama melakukan pengujian turbin angin di PLTH Pandansimo.
12. Senior-senior di PLTH Pandansimo yang telah memberikan kami kesempatan belajar disana.
13. Serta seluruh pihak yang tidak saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Semoga Allah selalu memberikan rahmat-Nya yang berlimpah serta membalas amal baik dan segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis juga menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Adanya kritik dan saran yang bersifat membangun guba hasil yang lebih baik kedepanya. Harapan terakhir dari penulis, Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain terutama para pembaca sekalian.

Surakarta, 23 Desember 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	vii
<b>ABSTRACTION</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Sistematika penulisan .....	4
<b>BAB II</b> .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Energi Angin.....	7
2.2.2 Asal Energi Angin.....	7
2.2.3 Pengukuran Angin.....	8
2.2.4 Jenis-Jenis Turbin Angin .....	9
2.2.5 Teori Momentum Elementer Betz.....	13
2.2.6 Gaya Aerodinamik Pada Rotor.....	18

2.2.7 Airfoil dan NACA .....	21
2.2.8 Sudut Serang .....	23
2.2.9 Tip Speed Ratio.....	24
2.2.10 Geometri Sudu .....	25
2.2.11 Tegangan dan Arus Listrik Pada Turbin Angin .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Tahapan Perancangan dan Pengujian Turbin Angin .....	29
3.1.1 Menentukan spesifikasi awal dari turbin angin yang akan dirancang .....	29
3.1.2 Menentukan diameter rotor, kecepatan angin nominal, dan jumlah sudu.....	30
3.1.3 Menentukan Tip Speed Ratio .....	30
3.1.4 Menghitung daya maksimum keluaran dari Rotor pada berbagai kecepatan angin.....	31
3.1.5 Menentukan Airfoil.....	31
3.1.6 Merancang <i>yaw mechanism</i> .....	32
3.1.7 Membuat sudu dan dudukan sudu turbin angin.....	33
3.1.8 Merancang komponen-komponen dari Turbin angin ..	39
3.1.9 Merakit komponen-komponen dari turbin angin .....	41
3.1.10 Pengujian Turbin Angin .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
4.1 Data Pengujian Turbin Angin Tanpa Pembebanan .....	46
4.2 Data Pengujian Turbin Angin dengan Pembebanan .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>54</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fenomena <i>flagging</i> .....	8
Gambar 2.2 Komponen Utama Turbin Angin .....	10
Gambar 2.3 Turbin Angin jenis <i>upwind</i> dan <i>downwind</i> .....	10
Gambar 2.4 Varian Turbin Angin vertikal .....	12
Gambar 2.5 Kondisi laju aliran fluida .....	14
Gambar 2.6 Hubungan $C_p$ vs $V_1/V_2$ .....	18
Gambar 2.7 Prinsip kerja rotor .....	19
Gambar 2.8 Gaya <i>lift</i> dan <i>drag</i> pada airfoil .....	20
Gambar 2.9 Gaya aerodinamik rotor turbin angin .....	20
Gambar 2.10 airfoil tipe NACA 4415.....	22
Gambar 2.11 Parameter geometri seri airfoil NACA .....	22
Gambar 2.12 Fenomena <i>lift to drag</i> .....	23
Gambar 2.13 Teori momentum .....	24
Gambar 2.14 Nilai koefisien <i>drag</i> dan <i>tip speed ratio</i> .....	25
Gambar 2.15 Geometri sudu bentuk tirus .....	25
Gambar 3.1 Airfoil NACA 4415 .....	32
Gambar 3.2 Lembaran kayu mahoni.....	33
Gambar 3.3 Proses pembuatan pola dan pembentukan sudu Turbin Angin menggunakan circle.....	34
Gambar 3.4 Proses pembuatan pola dan pembentukan sudu	

Turbin Angin menggunakan gergaji oglek.....	34
Gambar 3.5 Proses pembuatan pola dan pembentukan sudu	
Turbin Angin menggunakan gerinda tangan .....	35
Gambar 3.6 Menghaluskan lembaran kayu yang telah dibuat	
Menggunakan <i>handslep</i> (mesin poles) .....	35
Gambar 3.7 Pengecekan dimensi 3 sudu Turbin Angin.....	36
Gambar 3.8 Plat besi .....	37
Gambar 3.9 Proses bubut pada permukaan plat dudukan Sudu	
Turbin Angin.....	37
Gambar 3.10 Membuat pola dudukan sudu Turbin Angin.....	38
Gambar 3.11 Proses Pengeboran .....	38
Gambar 3.12 Proses milling pada pembuatan dudukan sudu .....	39
Gambar 3.13 Hasil pembuatan dudukan sudu Turbin Angin .....	39
Gambar 3.14 Ekor Turbin Angin .....	40
Gambar 3.15 Dudukan generator .....	40
Gambar 3.16 Generator SANYO DENKI .....	41
Gambar 3.17 Perakitan sudu turbin dengan dudukan turbin.....	41
Gambar 3.18 Pengujian Turbin Angin.....	42
Gambar 3.19 Skema sistem Turbin Angin .....	44
Gambar 3.20 Skema rangkaian data looger tanpa pembebanan .....	45
Gambar 3.21 Skema rangkaian data looger dengan pembebanan .....	45
Gambar 4.1 Hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran	
Rotor tanpa pembebanan sudut serang 0° .....	46



Gambar 4.2 Hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran	
Rotor tanpa pembebanan sudut serang $3^\circ$ .....	47
Gambar 4.3 Hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran	
Rotor tanpa pembebanan sudut serang $5^\circ$ .....	47
Gambar 4.4 hubungan n rotor vs V angin dari berbagai variasi	
Sudut serang.....	48
Gambar 4.5 hubungan kecepatan angin terhadap energi yang	
Dihasilkan turbin angin pada sudut serang $0^\circ$ .....	49
Gambar 4.6 hubungan kecepatan angin terhadap energi yang	
Dihasilkan turbin angin pada sudut serang $3^\circ$ .....	49
Gambar 4.7 hubungan kecepatan angin terhadap energi yang	
Dihasilkan turbin angin pada sudut serang $5^\circ$ .....	50
Gambar 4.8 hubungan kecepatan angin dan energi pada variasi	
sudut serang $0^\circ$ , $3^\circ$ dan $5^\circ$ .....	51
Gambar 4.9 hasil koefisien power variasi sudut serang $0^\circ$ ,	
sudut serang $3^\circ$ , dan sudut serang $5^\circ$ .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indeks deformasi.....	9
Tabel 4.1 tabel pengujian turbin angin tanpa pembebanan variasi	
Sudut serang 0°, 3°, dan 5° .....	46
Tabel 4.2 Pengujian turbin angin dengan beban sudut serang	
0°, 3° dan 5° . .....	48
Tabel 4.3 tabel hasil koefisien power turbin angin variasi sudut	
Serang 0° .....	51
Tabel 4.4 tabel hasil koefisien power turbin angin variasi sudut	
Serang 3° .....	52
Tabel 4.5 tabel hasil koefisien power turbin angin variasi sudut	
Serang 5° .....	52

## DAFTAR SIMBOL

$D$	Diameter rotor (m)
$R$	Jari-jari rotor (m)
$A$	Luas area sapuan rotor ( $m^2$ )
$m$	massa udara yang bergerak (kg)
$v$	kecepatan angin (m/s)
$V$	laju volume udara ( $m^3/s$ )
$P$	daya mekanik (W)
$\rho$	densitas udara $kg/m^3$
$C_p$	koefisien daya (power coefficient)
$P_0$	Daya mekanik total yang terkandung dalam angin yang melalui $A$ (Watt)
$\lambda$	<i>tip speed ratio</i>
$n$	putaran rotor (rpm)
$C$	Lebar sudu ( <i>chord</i> )
$B$	Jumlah sudu
$\alpha$	sudut serang (derajat)